

PAT-NO: JP403084423A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03084423 A

TITLE: AIR FLOW RATE SENSOR ELEMENT AND ITS  
MANUFACTURE

PUBN-DATE: April 10, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TAKAHASHI, KEN

TSURUOKA, SHIGEO

TOKUDA, HIROATSU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP01220406

APPL-DATE: August 29, 1989

INT-CL (IPC): G01F001/68

US-CL-CURRENT: 73/204.16

ABSTRACT:

PURPOSE: To reduce a heat movement quantity and make the response of the sensor element fast by forming the sensor element by using a heat generating resistance and a coating compound material so that the winding pitch of the heat generating resistance varies continuously while rough at a connection part

and fine at the center part.

CONSTITUTION: The sensor element has a heat generating resistance part and temperature measurement part formed of the heat generating resistance 1 made of a coiled platinum wire and the coating compound material layer 3 made of glass and ceramic. The winding pitch of the platinum wire 1 is varied continuously so that it is rough at the connection part 21 and fine at the center part 31. In an operation state, such a temperature distribution that the quantity of heat generated with a current is low at a position close to a fixation part 21 and high at a distant part is obtained and the temperature measurement part measures mean temperature. Then if an air flow rate varies, control is so performed as to make the mean temperature of the whole heat generating resistance part constant; and the heat movement quantity is made small and the quantity of heat conducted to the fixation part is reduced to make the response of the sensor element fast.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-84423

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)4月10日

G 01 F 1/68

7187-2F

審査請求 未請求 請求項の数 18 (全11頁)

⑭ 発明の名称 空気流量センサ素子及びその製造方法

⑯ 特 願 平1-220406

⑰ 出 願 平1(1989)8月29日

⑱ 発 明 者 高 橋 研 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑲ 発 明 者 鶴 岡 重 雄 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑳ 発 明 者 徳 田 博 厚 茨城県勝田市大字高場2520番地 株式会社日立製作所佐和工場内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 中 本 宏 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

空気流量センサ素子及びその製造方法

## 2. 特許請求の範囲

1. 発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子において、発熱抵抗部は単位長さあたりの抵抗値がセンサ素子の固定部に最も近い所で小さく遠い所で大きい抵抗分布を持つ抵抗体を有し、測温部は発熱抵抗部全体の温度を測定するように構成することを特徴とする空気流量センサ素子。
2. 発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子において、発熱抵抗部は単位長さあたりの抵抗値がセンサ素子の固定部に最も近い所で小さく遠い所で大きい抵抗分布を持つ抵抗体を有し、測温部は前記発熱抵抗部の抵抗体を共通に用いるように構成することを特徴とする空気流量センサ素子。
3. 発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子において、測温部が発熱抵抗部を含んでセ

ンサ素子の固定部の方向に延在し、発熱抵抗部の外側も含めた部分の温度を測定するように構成することを特徴とする空気流量センサ素子。

4. 発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子において、発熱抵抗部と測温部を兼ねる抵抗体がコイル状の白金線とこれを保持する部材とからなり、コイルのピッチがセンサ素子の固定部の近くで疎であり遠くで密であるように構成することを特徴とする空気流量センサ素子。
5. コイルのピッチがセンサ素子の固定部の近くから遠くまで連続的に変化するように構成することを特徴とする請求項4記載の空気流量センサ素子。
6. コイルのピッチがセンサ素子の固定部の近くから遠くまで段階的に変化するように構成することを特徴とする請求項4記載の空気流量センサ素子。
7. コイル状の白金線を保持する部材が、熱伝導率が $10\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下の低熱伝導無機材料であることを特徴とする請求項4記載の空気流量

- センサ素子。
8. コイル状の白金線を保持する部材の主体が、コイルの外側を被覆しており、中空構造を有することを特徴とする請求項4記載の空気流量センサ素子。
  9. 発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子において、発熱抵抗部が支持体とその表面に形成された白金膜回路とから成り、白金膜回路の断面積をセンサ素子の固定部の近くで大きく遠くで小さくなるように構成し、測温部は発熱抵抗部全体の温度を測定するように構成することを特徴とする空気流量センサ素子。
  10. 測温部として、発熱抵抗部の白金膜回路を共通に用いるように構成することを特徴とする請求項9記載の空気流量センサ素子。
  11. 白金膜回路の断面積が、センサ素子の固定部の近くから遠くまで連続的に変化するように構成することを特徴とする請求項9記載の空気流量センサ素子。
  12. 白金膜回路の断面積が、センサ素子の固定部の近くから遠くまで段階的に変化するように構成することを特徴とする請求項9記載の空気流量センサ素子。
  13. 発熱抵抗部と測温部が支持体の表面に形成された白金膜回路からなり、測温部が発熱抵抗部を含んでセンサ素子の固定部の方向に延在し、発熱抵抗部の外側を含めた部分の温度を測定するように構成することを特徴とする空気流量センサ素子。
  14. 白金膜回路を表面に形成する支持体が、熱伝導率が $10\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下の低熱伝導無機材料であることを特徴とする請求項9記載の空気流量センサ素子。
  15. 発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子において、定常動作状態で測温部のセンサ素子の固定部に最も近い部分の局所的な温度と空気流温度との差が、固定部に最も遠い部分の局所的な温度と空気流温度との差の2分の1以下であるように抵抗体に温度分布をもたせることを特徴とする空気流量センサ素子。
  16. 発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子の製造方法において、棒状又は筒状の部材に、白金線をピッチが連続的又は段階的に変化するようにコイル状に巻き、センサ素子の固定部又は固定部につながるリード部との接続部近傍でピッチを疎にし、遠方でピッチを密にする工程を含むことを特徴とする空気流量センサ素子の製造方法。
  17. 発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子の製造方法において、所定の長さの金属芯線とセンサ素子の固定部につながるべきリード部と、リード部に接続され接続部近傍でピッチが疎であり遠方でピッチが密であるように前記金属芯線に巻き回された白金線とからなる部材を準備する工程と、前記巻き回した白金線の外側に被覆層を形成する工程と、前記金属芯線を除去する工程とを含むことを特徴とする空気流量センサ素子の製造方法。
  18. 請求項1～15のいずれか1項に記載の空気流量センサ素子と、センサ素子の電流を制御するとともに、該センサ素子の出力電圧を空気流量に対応した信号として取出す駆動回路部とを備えた空気流量計。
3. 発明の詳細な説明
- 〔産業上の利用分野〕
- 本発明は、空気流量センサ素子に係り、特に自動車用内燃機関の吸入空気量の検出用の空気流量計に好適な発熱抵抗を用いた空気流量センサ素子、およびその製造方法に関する。
- 〔従来の技術〕
- 発熱抵抗を用いた空気流量計は、測定すべき空気流通路中に発熱抵抗体を有するセンサ素子を設置し、空気流によるセンサ素子の冷却を打消すようにしてその電流を増加させ、その電流の増加量により空気流量を検知するようにしたもので、可動部分がなく、しかも質量流量を直接検出できるため、自動車用内燃機関の空燃比制御などに広く採用されている。
- ここで用いられる抵抗体は温度の変化に応じて抵抗値が一定の割合で変化し、抵抗値は次式で表

される。

$$R = R_0 (1 + \alpha T)$$

ここで  $R_0$  は 0℃ のときの抵抗値、 $\alpha$  は温度係数 (一定値)、 $T$  は抵抗体の温度である。従って抵抗体の抵抗値を電気回路的に検出することによって、温度が測定できる。この温度を測定するための抵抗体は、発熱抵抗体をこの用途に兼ねることもできるし、発熱抵抗体の近くに別に測温部を設置することもできる。いずれの場合も、測温用の抵抗体の抵抗値を検出して、その値が一定になるように発熱抵抗体に供給する電流を制御することにより、センサ素子の温度を一定に保つことができる。このときに必要な電流値が、空気流量に対応することになる。

従来のセンサ素子としては、特開昭 62-83622 号公報に記載のように、金属ワイヤをコイル状に巻回して表面をガラス等でコーティングしたものや、特開昭 63-94119 号公報に記載のように、ジルコニア製あるいはガラスファイバ製ボビンに白金膜回路を形成あるいは白金線を巻

るのを遅らせ、応答の立上りを鈍くする原因となるという問題があった。

特開昭 63-134919 号公報に記載の従来技術では、発熱抵抗部と測温部を別々に膜状にして重ねて設け、発熱抵抗部の面積を測温部の面積より大きくして固定部分の方向に延在させることにより、測温部が測温している部分から固定部に逃げる熱放出を抑えて測温部が流量変化に対して高速で応答するようにしている。しかしこの場合でも、測温部が検出する温度を一定に制御するための発熱抵抗部の加熱電流を流量に対応する出力とするので、発熱抵抗部から固定部に逃げる熱が発熱抵抗部が平衡状態になるのを遅らせ、出力が安定して正確な流量を示すのが遅れるという問題があった。特開昭 63-134920 号公報に記載の従来技術では、この点を改善するために、発熱抵抗部の単位面積当たりの抵抗値を固定部の方向に向けて徐々に減少していくようにすることにより、支持板から固定部へ緩やかな温度勾配を持たせて発熱抵抗部から固定部への熱放出を軽減し

付けたものがあった。

また、特開昭 63-134919 号公報に記載のように、発熱抵抗部と測温部を別々に膜状にして重ねて設け、発熱抵抗部の面積を測温部の面積より大きくして、固定部分の方向に延在するようにしたものや、特開昭 63-134920 号公報に記載のように、さらに発熱抵抗部の単位面積当たりの抵抗値を、固定部の方向に向けて徐々に減少していくようにして、発熱抵抗部の高温部分の温度だけを測温部で測定するようにしたものであった。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術のうち、金属ワイヤをコイル状に巻回して表面をガラス等でコーティングしたものやジルコニア製あるいはガラスファイバ製ボビンに白金膜回路を形成あるいは白金線を巻付けたものは、固定部の近傍で発生した熱の大部分が固定部へ向けて逃げるため、空気流量が変化した時に電流を変化させて元の温度に戻そうとした場合に固定部へ向けて逃げる熱が、全体が平衡状態にな

ている。しかしこれらの場合は、空気流量が変化した場合の熱移動量そのものを小さくすることが考慮されていなかった。すなわち、発熱抵抗部の面積を測温部の面積より大きくして固定部分の方向に延在するようにした場合は、発熱抵抗部の最も温度の高い部分の付近だけを測温し、その温度を一定になるように制御している。このため、空気流量が変化した場合に、発熱抵抗部の外側の固定部につながる部分の支持板、あるいは発熱抵抗部の固定部に近い部分の温度変化が大きく、全体として熱移動量が多い。その結果、発熱抵抗部の発熱量が平衡状態になるのが遅れ、出力が安定して正確な流量を示すのが遅れる要因となっていた。

本発明の目的は、空気流量が変化した場合の熱移動量を少なくし、応答の速い空気流量センサ素子及びその製造方法、それを備えた空気流量計を提供するにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、本発明は、発熱抵

抗部と測温部を有する空気流量センサ素子において、発熱抵抗部は単位長さあたりの抵抗値がセンサ素子の固定部に最も近い所で小さく遠い所で大きい抵抗分布を持つ抵抗体を有し、測温部は発熱抵抗部全体の温度を測定するように構成するものである。また、特に測温部として発熱抵抗部の抵抗体を共通に用いるようにしたものである。

さらに別の方法として、測温部が発熱抵抗部を含んで固定部の方向に延在し、発熱抵抗部の外側も含めた部分の温度を測定するようにしたものである。

またこれらのために、コイル状の白金線をピッチが固定部の近くで疎であり遠くで密であるように、連続的にまたは段階的に変化するようにしたものである。

また別の方法として、白金膜回路を断面積が固定部の近くで大きく遠くで小さくなるように、連続的にまたは段階的に変化させて形成したものである。あるいは、支持体の表面に形成された白金膜回路から成る測温部が、同じく白金膜回路から

成る発熱抵抗部を含んで固定部の方向に延在するようにしたものである。

さらに上記目的を効果的に達成するために、コイル状の白金線を保持する部材及び白金膜回路を表面に形成する支持体として、熱伝導率が $10\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下の低熱伝導無機材料を用いたものである。

コイル状の白金線を用いる場合は、コイルの外側を被覆する部材でこれを支持し、中空構造としても良い。

さらに上記目的の空気流量センサ素子を製造するためには、棒状または筒状の部材に白金線をピッチが連続的または段階的に変化するようにコイル状に巻き、固定部または固定部につながるリード部との接続部近傍でピッチを疎にし、遠方でピッチを密にする工程を含む空気流量センサ素子の製造方法としたものである。このとき、白金線をコイル状に巻いてから両端をリード部に接続しても良いし、一端をリード部に接続してからコイル状に巻いて他端を別のリード部に接続しても良い。

また上記目的のセンサ素子の製造方法は、所定の長さの金属芯線と、固定部につながるべきリード部と、リード部に接続され接続部近傍でピッチが疎であり遠方でピッチが密であるように前記金属芯線に巻き回された白金線とから成る部材を準備する工程と、前記巻き回した白金線の外側に被覆層を形成する工程と、前記金属芯線を除去する工程とを含む空気流量センサ素子の製造方法によっても達成される。

また上記目的を達成するために、本発明は発熱抵抗部と測温部を有する空気流量センサ素子において、定常動作状態で測温部のセンサ素子の固定部に最も近い部分の局所的な温度と空気流温度との差が、固定部に最も遠い部分の局所的な温度と空気流温度との差の2分の1以下であるように抵抗体に温度分布をもたせたものである。

また上記他の目的を達成するために、前記空気流量センサ素子と、該センサ素子の電流を制御するとともに、該センサ素子の出力電圧を空気流量に対応した信号として取出す駆動回路部とを備え

た空気流量計としたものである。

#### 〔作用〕

本発明の空気流量センサ素子は、発熱抵抗部の単位長さあたりの抵抗値が固定部に最も近い所で小さく遠い所で大きい抵抗分布を持つと共に、測温部は発熱抵抗部全体の温度を測定する。このため、動作状態において電流による発熱量が固定部から遠い部分ほど多く、発熱抵抗部は固定部に近いところで低く遠い部分で高い温度分布を持つようになり、測温部はその平均的な温度を測定することになる。熱は温度勾配が大きいほど多量に流れるので、非発熱部の固定部に近い部分の温度を低くすることで固定部へ向けて逃げる熱量を減少させることができる。しかしそのような温度分布を持った発熱抵抗部の高温部の局所的な温度だけを一定になるように制御した場合には、空気流量が変化した場合に制御していない部分、特に固定部に近い部分の温度変化が大きく、発熱抵抗部全体で見た場合には平均温度も変化し、平衡の温度分布になるまでの熱移動量が多い。本発明によれ

ば、発熱抵抗部全体の平均的な温度が一定になるように制御するので、たとえば空気流量が増加した場合には発熱量が増して高温部の温度が上昇すると共に低温部の温度が低下し、その変化は高温部の局所的な温度を一定にしたときの温度変化よりも小さい。従って熱移動量が少なく、先に述べた固定部へ向けて逃げる熱量が少ないこととあわせて、センサ素子の温度分布が平衡になるのを早める効果がある。

一方、発熱抵抗部の抵抗値が一樣な場合には、発熱抵抗部の固定部に近い部分の温度が遠い部分の温度と同じように高く、ここから固定部へ逃げる熱量が多い。従って発熱抵抗部の温度が一定になるように制御した場合には、発熱抵抗部の外側の部分の温度変化が大きく、熱移動量が多い。本発明では発熱抵抗部の外側も含めて温度を測定し、一定に制御するので、発熱抵抗部の外側の温度変化が小さく、ここから固定部へ逃げる熱量の変化が小さい。従って、熱移動量が少なく、センサ素子の発熱量が平衡になるのを早める効果がある。

密な部分では、コイルの単位長さあたりの白金線の長さが長く、抵抗が大きい。従って、固定部に最も近い所でピッチを疎にすることで、この単位長さあたりの抵抗値が小さく、固定部から遠い部分で大きい抵抗分布を持たせることができる。ピッチの変化が連続的でも段階的でも、同様の効果が得られる。

また、白金膜回路の断面積が小さいほど、回路の単位長さあたりの抵抗値が大きい。従って、固定部に近い所で断面積を大きくすることで、上記の抵抗分布を持たせることができる。断面積の変化は、連続的でも段階的でも良い。

コイル状の白金線を保持する部材及び白金膜回路を表面に形成する支持体として、熱伝導率が  $10 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  以下の低熱伝導無機材料を用いることが、特に有効である。発生した熱がセンサ素子の長さ方向に固定部へ向って流れるのを、熱伝導率が低い材料を用いることによって抑え、その量自体を少なくすることによって、空気流量の変化に伴うその量の変化を少なくする。それにより、熱

また、測温部が局所的でなく、発熱抵抗部全体またはその外側も含めた広い範囲の温度を測定して加熱電流を制御している。従って、測温部の一部の局所的な温度変動に対しても、それを平均化して検出し、加熱電流すなわち出力の変動も、それに応じて測温部全体に対応したものになる。よって、流量の乱れによる局所的な温度変動に基づく過度な応答や過小な応答、不安定な出力の変動などが抑えられ、流量の平均値に対応した正確で安定した出力が得られる。

以上の効果は、定常動作状態で測温部の固定部に最も近い部分の局所的な温度と空気流温度との差が、固定部に最も遠い部分の局所的な温度と空気流温度との差の2分の1以下であるように温度分布を持たせるか、あるいは測温部を設けると、特に顕著である。

これはコイル状の白金線のピッチを変化させるか、あるいは白金膜回路の断面積を変化させることによって、上記の温度分布を実現できる。

コイル状の白金線のピッチが疎な部分に比べ、

移動量を減らすことができる。低熱伝導無機材料としては、ジルコニア、ガラス、ガラスとセラミックスとの複合材などを用いることができる。

具体的には、それらの材料から成る棒状または筒状の部材に白金線を巻き、固定部または固定部につながるリード部と接続することにより簡単に製造できる。表面を平滑にしてダストが付着しにくくするために、ガラスコートを実施しても良い。また金属芯線に白金線を巻き、リード部と接続し、外側に被覆層を形成して、その後またはその前に金属芯線を除去することによっても製造できる。この場合は、始めに素子の多数個分について連続的に巻線作業が行えるので、製造プロセスの自動化が容易である。

以上のようにして得られた空気流量センサ素子は、短い時間で高い応答に達するため、この素子を用いることによって応答特性に優れた空気流量計を製造することができる。

なお、特別な場合として、空気以外の流体の流量を計測する場合にも、本発明を応用できる。

## 〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明するが、本発明はこれらに限定されない。

## 実施例 1

第1図は本実施例で作製した空気流量センサ素子の構造図である。コイル状に巻回した白金線から成る発熱抵抗1の両端に白金イリジウム合金のリード線2が接続されており、それらの接続部21を含めて発熱抵抗1がガラスとセラミックスの複合材層3で被覆されている。すなわち発熱抵抗1と被覆複合材層3で、発熱抵抗部兼測温部が形成されている。白金線を巻回したピッチは接続部21で疎であり、センサ部の中央部すなわち両端の接続部21から最も遠い部分31で密になるように連続的に変化している。リード線2は使用時に固定部に接続される。

このセンサ素子の製造方法を、製造工程図で示した第2図に基づき説明する。

第2図の(a)は、白金線を巻き回すための $\phi 0.5$ mmのモリブデン芯線4である。第2図の(b)はこの

芯線4に自動巻線機により $\phi 30\mu$ の白金線(発熱抵抗)1を複数個分連続に巻いた状態を示す。巻回すピッチは、最低50 $\mu$ から最高150 $\mu$ まで周期4mmで連続的に変化させてある。第2図の(c)はこれをピッチの一番大きい150 $\mu$ の箇所、すなわち最も疎な部分で切断し、両端に $\phi 0.13$ mmの白金イリジウム合金のリード線2を、接続部21で溶接した状態を示す。第2図の(d)は発熱抵抗1を複合材で被覆し、焼成した状態を示す。ここで被覆の際には、変成アルコールと水を溶媒とし、硝酸マグネシウムと硝酸アルミニウムを電解質として、アルミナと $\text{SiO}_2$ -BaO-ZnO系ガラスの粒子を1:1の割合で分散させた電着液を作り、第2図(c)の状態の白金線を陰極、アルミニウム板を陽極として両電極間に電着液中で50Vの電圧をかけて、電気泳動により白金線にアルミナとガラスの粒子を付着させた。付着層は多孔質層となっている。第2図の(e)はこれを電気炉中で加熱し、900℃で1時間保持してモリブデン芯線を酸化させ昇華させた後、さらに1200℃に昇温して

30分間保持し、電気泳動付着層を焼成した状態を示す。焼成後の複合材層3の厚さは約100 $\mu$ で気孔はなく、表面は平滑である。

得られた素子の抵抗値は9 $\Omega$ であり、1mmあたりの抵抗値は接続部21の近傍で1.7 $\Omega$ 、中央部31では5 $\Omega$ である。また、複合材層3と同様の組成の複合材試料を別に作製し、熱伝導率を測定したところ、6W/m $\cdot$ Kであった。

このセンサ素子を用いた自動車用空気流量計の一実施例を第3図に示す。この実施例では、センサ素子5と同じものが空気温度測定用として対になって用いられ、それを6で表わしてある。センサ素子5および空気温度測定抵抗体6は、第3図に示すようにボディ7の空気通路8の中に、固定部である導電性の支持体9に固定することにより設置され、支持体9を介して駆動回路10に接続される。

センサ素子5は、この回路により電流が供給されて加熱され、平均温度が空気温度測定抵抗体6よりも常に200℃だけ高くなるように制御され

る。第4図により駆動回路について説明する。この回路は、センサ素子5、空気温度測定抵抗体6、オペアンプ18、19、パワートランジスタ20、コンデンサ22、抵抗23~27で構成され、パワートランジスタ20のコレクタ端子28にはバッテリー(図示せず)の(+)極が、抵抗23のアース端子29にはバッテリーの(-)極が、抵抗23とセンサ素子5の接続点30には、本空気流量計の出力信号を使ってエンジン制御を行うマイクロコンピュータ(図示せず)の入力端子がそれぞれ接続される。

パワートランジスタ20によってセンサ素子5に電流を供給して加熱するが、センサ素子を構成する白金線は温度上昇とともに一定の割合で抵抗が増加するので、空気温度測定抵抗体6より平均温度が200℃高いとき、抵抗値がどれだけ高くなるかが決まっている。駆動回路では、この時にセンサ素子5の両端の電圧差を抵抗24、25で分割した電圧と、センサ素子5を流れた電流によって生じる抵抗23の電圧降下を、オペアンプ



18で増幅した電圧とが等しくなるように回路が調整されている。空気がセンサ素子5にあたると温度が変わり、センサ素子5の抵抗値が変化するので、このバランスが崩れ、電圧差が生じる。これがオペアンプ19を通じて帰還され、パワートランジスタ20に信号を送って電圧差がゼロになるように電流を変化させる。これによりセンサ素子の温度が元にもどる。

上述のように、センサ素子5にあたる空気量が増えると、この制御動作によってセンサ素子5を流れる電流が変化し、その電流に応じてセンサ素子の一端30の電圧が変化する。この電圧で空気流量が測定されることになる。

第5図は、本実施例の自動車用空気流量計の応答特性を示す図である。空気流量を低流量約10 kg/hから高流量約220 kg/hに切替えた時の空気流量計の出力電圧を測定し、流量V (kg/h)に換算して縦軸に示した。応答の急峻な立上りが持続し、短い時間で飽和値の95%まで達していることがわかる。また急激な流量変化に伴い空気

流の乱れが生じるが、局所的な流量変動に対する過度な応答に基づくオーバーシュートや、不安定な応答の変動は観察されない。

このように応答性が高く安定性に優れているので、自動車の急加速、減速時においても空気流量変化に追従して正確な信号が空気流量計から得られ、適切なインジェクタ噴射量が決定できてサージングなどが抑えられる。

#### 実施例2

第6図は本実施例で作製した空気流量センサ素子の構造図である。筒状のガラス部材11の両端にリード線2を固定し、白金線1の一端をリード線2に溶接してガラス部材11に巻回したあと、他端をもう一方のリード線2に溶接し、さらに表面を平滑にして保護するためにガラスコーティング12が施されている。白金線を巻回したピッチは、接続部21で150  $\mu$ mと疎であり、発熱部兼測温部（白金線1とガラス部材11とガラスコーティング12とから成る部分）の中央では50  $\mu$ mと密になっている。中間ではピッチが100  $\mu$ mで

あり、段階的にピッチが変化している。ガラス部材11とガラスコーティング12の熱伝導率は、いずれも2 W/m $\cdot$ K以下である。

一方、比較のためにガラス部材11のかわりに同形状のアルミナ部材を使用し、白金線を巻回すピッチを100  $\mu$ m均一としたセンサ素子を作製した。アルミナの熱伝導率は21 W/m $\cdot$ Kである。

これらのセンサ素子を用いて、実施例1と同様にして作製した自動車用空気流量計の応答特性を第7図に示す。ガラス部材11を用いてピッチを段階的に変えた場合の応答曲線Aは、実施例1と同様に急峻な立上りが95%近くまで持続する。これに対して、アルミナ部材を用いてピッチを均一にした場合の応答曲線Bでは、70%程度まで応答が立上ったところでリード線を通じて固定部に逃げる熱が平衡状態に達するのを遅らせる影響が出始め応答が鈍くなる。この結果、応答が95%に達するのに曲線Aの3倍の時間を要する。

第8図は、センサ素子の温度分布を赤外放射温度計で測定した結果を示す図である。縦軸は各部

分の温度と空気流との温度差を表わし、発熱抵抗部の平均温度と空気流との温度差を1.0に規格化してある。ガラス部材を用いたセンサ素子の温度分布曲線Aでは、発熱抵抗部とリード部の接続部から最も遠い中央部の温度差が1.3で最も高く、接続部の温度差は0.6で中央部の2分の1以下である。一方ガラス部材のかわりにアルミナを用いたセンサ素子の温度分布曲線Bでは、発熱抵抗部の温度はリード部との接続部から中央部までほとんど差がない。従って、Bの場合は非発熱部であるリード部の温度も高く、リード部を通じて固定部へ逃げる熱の影響が大きいことが推察される。両者の温度分布の違いは、白金巻線のピッチに基づく抵抗分布すなわち発熱量分布の違いと、白金巻線を支持する部材の熱伝導率に基づく素子の長さ方向への熱伝達性の違いによるものである。

なお、発熱抵抗部を支持する部材の熱伝導率がある程度高い場合でも、発熱抵抗部の単位長さあたりの抵抗値に分布をもたせ、発熱量に分布をもたせることによって接続部の温度を低くすること

は可能である。しかし熱伝導率が $10\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下と低い部材を用いた方が望む温度分布が容易に達成される。

#### 実施例 3

第9図は、本実施例で作製した空気流量センサ素子の構造図である。板状の支持体13は、ガラスとアルミナの複合材から成り、熱伝導率は $5\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ である。支持体13の表面に厚膜印刷法で白金ペーストを印刷し、焼成して白金膜回路14を形成してある。白金膜回路14の両端部は、固定部15の端子に接続される。白金膜回路14は厚さは均一であるが、幅すなわち断面積が固定部15の近傍141で大きく、固定部から最も遠い142で小さくなるように、段階的に変化させてある。支持体13の裏側には、白金膜回路14と同じ大きさの白金膜回路16が、同様の方法で形成されている。白金膜回路16の断面積は、一定である。このセンサ素子の白金膜回路14を発熱抵抗部として用い、白金膜回路16を測温部として用いて、自動車用空気流量計(C)を作製し

た。ここでは、白金膜回路16の抵抗値が特定の値となるように白金膜回路14に流れる電流を制御し、その電流値を検出して空気流量を測定する。この空気流量計(C)は、急峻な立上りを有する応答性を示した。

一方、比較のために、支持体13の裏側に、表側の白金膜回路14の断面積の小さい部分142だけに相対する白金膜回路14より小さい白金膜回路16を形成して、第10図に示す空気流量センサ素子を作製した。このセンサ素子の白金膜回路14を発熱抵抗部として用い、白金膜回路16を測温部として用いて、自動車用空気流量計(D)を作製した。

空気流量が変化した場合の、空気流量計(C)、(D)それぞれのセンサ素子の温度分布の変化を、第11図に示す。空気流量が $10\text{ kg}/\text{h}$ の場合は、(C)、(D)のセンサ素子の温度分布はほぼ同様である。空気流量が $200\text{ kg}/\text{h}$ になると、(D)のセンサ素子では先端の142の部分の温度が一定になるように電流が制御され、固定部に

近い部分の温度の低下が大きい。一方(C)のセンサ素子では白金膜回路14の平均的な温度が一定になるように電流が制御され、先端部の温度は高く、固定部に近い部分の温度は低くなり、温度の変化が小さい。従って(C)のセンサ素子の方が空気流量の変化に伴う熱の移動量が少なく、早く平衡に達する。結果として、出力電圧が飽和値の95%まで達する時間は、空気流量計(C)が(D)の5分の3と早かった。

また、駆動回路の構成によっては、白金膜回路14の一部の温度しか測定していない空気流量計(D)では、過度の応答ピークや、空気流の乱れによる不安定な変動が見られた。

第9図で、白金膜回路14の断面積を連続的に変化させた場合も、得られたセンサ素子の特性は第9図のものと同様であった。

#### 実施例 4

第12図は、本実施例で作製した空気流量センサ素子の構造図である。板状の支持体13は、ガラスとアルミナの複合材から成り、熱伝導率は $9$

$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ である。支持体13の上に実施例3と同様の方法で白金膜回路14を形成し、さらにガラス絶縁層17を介して白金膜回路16を重ねて形成した。いずれの白金膜回路も断面積は一定である。白金膜回路16は白金膜回路14を完全にカバーし、固定部15の方向に延在している。

このセンサ素子の白金膜回路14を発熱抵抗部として用い、白金膜回路16を測温部として用いて、自動車用空気流量計を作製した。使用中のセンサ素子の温度分布を、赤外放射温度計で測定した結果を第13図に示す。測温部が発熱抵抗部の外側の温度が低い部分も含めて温度を測定しているので、空気流量が変化したときの発熱部の外側の熱移動量が、発熱抵抗部の温度だけを測定して制御した場合に比べて小さい。その結果、空気流量計の応答性が速くなる。特に測温部が、センサ素子の先端の温度と空気流温度との温度差の2分の1以下の温度差となる低温部まで含めて温度を測定するようにしたとき、発熱抵抗部の温度だけを測定して制御した場合に比べて、出力電圧が飽

和値の95%まで達する時間を30%以上短縮できる、大きな効果が得られた。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、コイル状の白金線のピッチを変化させる方法や、白金膜回路の断面積を変化させる方法などにより、発熱抵抗部に抵抗分布を持たせると共に、測温部が発熱抵抗部全体の温度を測定することによって、空気流量が変化した場合の熱移動量を少なくできるので、センサ素子の応答を速くすることができる。また、測温部を発熱抵抗部を含んで固定部の方向に延在させ、発熱抵抗部の外側も含めた部分の温度を測定することによっても、同様に熱移動量を減少させ、センサ素子の応答性を速くすることができる。白金線または白金膜回路を保持する部材として、熱伝導率が $10\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下の低熱伝導無機材料を用いることにより、熱移動量を減少させる効果を高めることができる。

さらに、コイル状の白金線を保持する部材の主体がコイルの外側を被覆し、中空構造をもつよう

にすることにより、白金線の巻線作業を連続的に行うことができ、生産性が向上する。

また、本発明のセンサ素子を用いることにより、応答性と信頼性に優れた自動車用の空気流量計が得られる。

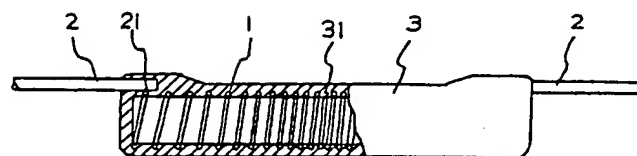
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の空気流量センサ素子の一部破砕断面図、第2図は本発明によるセンサ素子の製造工程の実施例を示す側面図および部分破砕断面図、第3図は本発明の実施例である自動車用空気流量計を示す断面図、第4図はセンサの駆動回路図、第5図はセンサの応答特性を示すグラフ、第6図は別の実施例のセンサ素子の一部破砕断面図、第7図はセンサの応答特性を示すグラフ、第8図、第13図はセンサ素子の温度分布を示すグラフ、第9図、第10図、第12図は別の実施例のセンサ素子の構造図、第11図はセンサ素子の温度分布の変化を示す図である。

1…発熱抵抗（白金線）、2…リード線、3…複合材層、4…金属芯線、10…駆動回路、

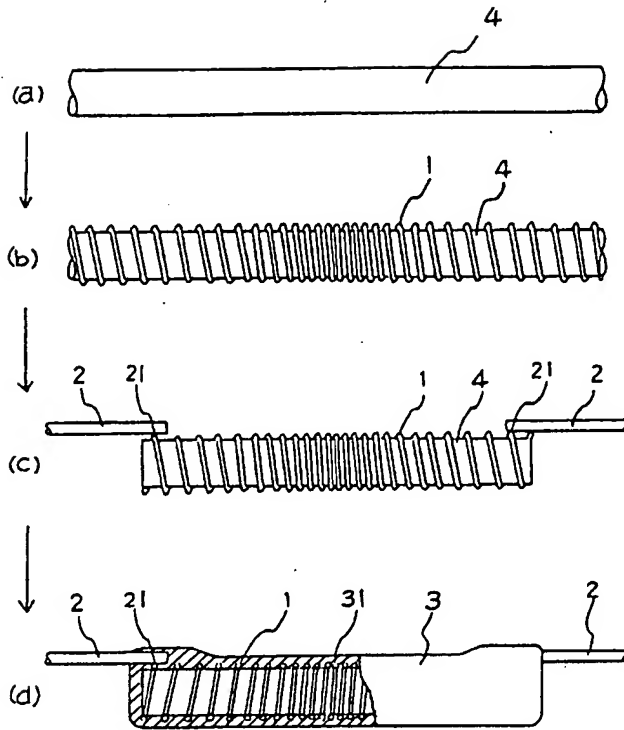
11…ガラス部材、13…支持体、14、16…白金膜回路、15…固定部、21…接続部

第 1 図

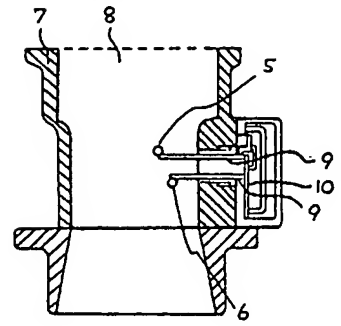


特許出願人	株式会社	日立製作所
代理人	中本	宏
同	井上	昭

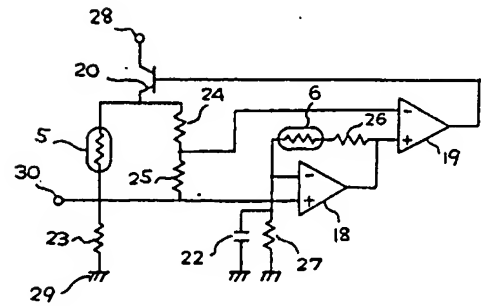
第 2 図



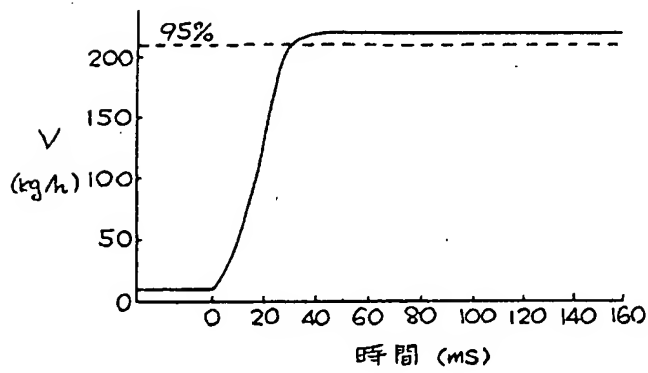
第 3 図



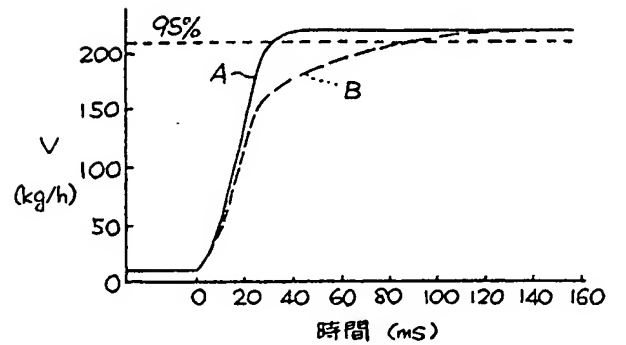
第 4 図



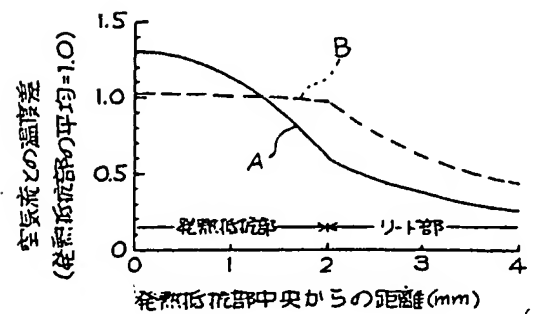
第 5 図



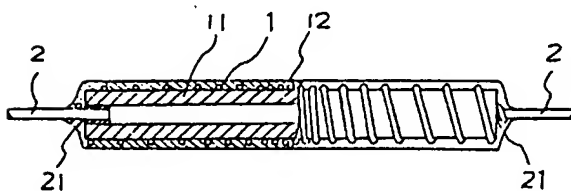
第 7 図



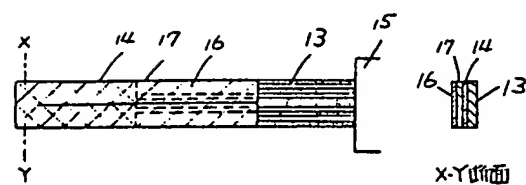
第 8 図



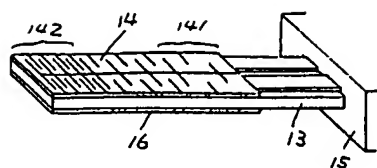
第 6 図



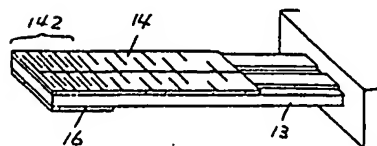
第 12 図



第 9 図



第 10 図



第 13 図

